

## 追踪替代阻燃剂 从手到口的成人暴露

自聚氨酯泡沫垫中不再使用多溴二苯醚（PBDE）阻燃剂后，三（1,3-二氯丙）磷酸酯（TDCIPP）和磷酸三苯酯（TPHP）作为替代物现用于家具、汽车、地毯以及婴儿产品等消费品中。与PBDE一样，这些替代物成份常在居家、办公和汽车内饰等环境的粉尘样本中被发现。本月EHP[123(2):160-165 (2105)]发表的一项研究检验了这些替代物是否在另外一方面也像PBDE一样：即人群暴露的途径。

TDCIPP和TPHP同属有机磷阻燃剂（PERs）家族。TDCIPP被美国加州56号提案列为人类致癌物，少量人类研究发现证据显示同时暴露于TDCIPP和TPHP与一些激素水平的改变、精子浓度减少有关。体外实验和动物数据则将TDCIPP暴露与神经毒性、TDCIPP和TPHP共同暴露与内分泌干扰联系起来。

新的研究主要关注居家暴露。研究包括53名男性和女性及其提供的手拭及尿液样本。多数（92%）志愿者同时提供了其家中粉尘的样本。所有的粉尘样本中均发现这两种PERs，但水平相去甚远。TDCIPP从最低到最高粉尘浓度相差200倍，TPHP则相差400倍。

多数尿液样本中能检测到PFRs代谢物。TPHP的首要代谢物（DHP）在91%的样本中被发现，TDCIPP的首要代谢物（BDCIPP）在83%的样本中被发现。

女性尿液DHP水平几乎是男性的2倍。“这个结果很不寻常。在此之前（对于阻燃剂来说）我们从未见到过这种情形，这提示我们暴露也许通过个人防护用品产生”，该研究的通讯作者，美国杜克大学尼古拉斯环境学院（Nicholas School of the Environment）环境伦理与可持续环境管理专业Dan and Bunny Gabel副教授Heather Stapleton说道。她与本研究第一作者，尼古拉斯环境学院的研究科学家Kate Hoffman目前同为小组成员，调查指甲油是否为TPHP可能的暴露途径。研究者同时指出，新陈代谢的性别差异也许可以解释这一结果。

家庭粉尘中PFRs浓度较高的人，其尿液中的浓度也较高，但其关联性并不具有一致性。相较而言，研究对象手上测得的PFRs水平与他们的尿检水平更为一致。研究指出，口、手接触或皮肤吸收或许是这些复合物重要的暴露途径。

“只要你知道暴露范围的数量级，你就能看到随着分布和亚群的不同，会有非常不同的反应”，美国密歇根大学（University of Michigan）公共卫生学院环境卫生科学专业副教授John Meeker说道，“广泛暴露突出了对额外毒理学与人类研究，以及研究人们如何得以暴露的需求。”

调查同时评估了尿液代谢物在5天一周期里的浓度变化情况。11位被调查者提供了连续5天的尿液样本，以及每位被

调查者随时间变化的快速消除代谢物残留浓度，以反映持续暴露情况。

研究的局限性在于，配对的粉尘、手拭和尿液样本均属于一次性采集，仅提供了一次暴露快照。研究者指出TDCIPP和TPHP曾在家庭空气被发现，因此吸入暴露可能在未来评估中考虑为重要途径，但此次研究并不包括家庭空气采样。尽管如此，新的研究进一步证明了手拭结果能作为空气和粉尘污染物的补充测量，提供有价值的信息，Stapleton说道。这也显示尿液样本可能成为暴露的生物标识物，尤其是TDCIPP，Hoffman说道。

有机磷阻燃剂取代 PBDE 出现在众多聚氨酯泡沫塑料产品中。  
©Hero Images/Corbis



早前有关PBDE和其他阻燃物的研究指出，洗手越勤手拭样本中测量得到的潜在暴露量就越少。此次研究中，这一论点在TDCIPP上得到了验证，研究者发现洗手越勤时尿液中TDCIPP和TPHP的代谢物水平也较低。Hoffman说道，这意味着洗手可能是减少暴露的良好方式。

Kellyn S. Betts，十多年来一直为EHP和《环境科学与技术》（*Environmental Science & Technology*）等刊物撰写有关环境污染、危害及解决环境问题的文章。

译自 EHP 123(2):A44 (2015)

翻译：孙蓉

\*本文参考文献请浏览英文原文

原文链接

<http://dx.doi.org/10.1289/ehp.123-A44>